云 南 植 物 研 究 1996; **18** (4): 433～438
**Acta Botanica Yunnanica**

# 热带雨林退化生态系统生物多样性消失与修复探讨*

许再富 刘宏茂
（中国科学院昆明植物研究所西双版纳热带植物园，云南勐腊 666303）

**摘要** 热带雨林退化生态系统的主要类型有：（1）人工生态系统；（2）次生森林生态系统和（3）片断森林生态系统等。在退化生态系统中，物种多样性的损失与人类干扰程度、频率和持续时间密切相关；而在片断的热带雨林中则随着环境变化强度的加大和持续时间的延长而增加。退化生态系统的修复主要在于减少人类的干扰、改善地区性的环境和在保护与发展相结合的原则下，采取多种有效的综合措施。尊重当地民族生物多样性传统管理经验，实行封山育林，发展混农林系统，适当清除生态系统中的入侵物种和对生态系统的某些优势种、关键种、特征种实行再引种等。

**关键词** 热带雨林，退化生态系统，修复

# THE LOSS AND RESTORATION OF BIODIVERSITY IN DEGRADED TROPICAL RAINFOREST ECOSYSTEMS

XU Zai-Fu, LIU Hong-Mao
(*Xishuangbanna Tropical Botanical Garden of Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences,* Yunnan 666303)

**Abstract** The main types of degraded ecosystems existed in Southern Yunnan of China and the neighbouring countries as Laos and Myanma are as follows: (1) different man-made ecosystems; (2) various secondary ecosystems and (3) different sizes of fragmental forest etc. In degraded ecosystems, the size of biodiversity loss directly relates with the strength, frequency and temporal lasting of human interference. And in fragmental tropical rainforest, the loss of biodiversity is increasing with the increasing strength and temporal lasting of environmental change. Even in the big area of tropical rainforest, biodiversity is reduced as well. Dealing with very complex aspects of social economic developments and natural sciences, the restoration of degraded ecosystems is quite difficult. The efficient solution, therefore, needs the joint efforts of decision makers, scientists and public especially the indigenous communities. The main measures for restoration of degraded ecosystems are to reduce human interference to improve local environments and adopt various efficient methods based on the intedgrated conservation and development such as respecting and improving indigenous knowledge on the biodiversity management, closing hillsides to facilitate afforestation, developing the agro-forestry system, clearing some invading species of the ecosystems

* 国家自然科学基金资助项目
1995-11-27 收稿，1996-04-08 修回

and reintroducing some dominant species, character species and keystone species into degraded ecosystems, etc.

**Key words** Tropical rainforest, Degraded ecosystems, Restoration

热带雨林是地球上生物多样性最富集的地区，仅占陆地面积7%的热带森林容纳了地球上半数以上的生物物种（Wilson, 1988）。热带雨林主要分布在发展中国家，其经济发展主要依赖于生物多样性。热带雨林不仅为人类提供了特殊的工业原料、育种材料、食物、药物和科学文化知识等，而且也是维持全球良性生态平衡的重要因素之一。

由于近代人口迅速增长，人们对现代文明和物质生活的追求，工业化国家对热带森林产品的进口和全球环境的变化等，使现存的约900万$km^2$的热带森林，每年正以约占现存的1.0%的速度消失。而残存的也处在不同程度的退化状态中，造成了生物多样性的严重损失。

退化生态系统的修复是地球上良性生态平衡建设的一个极其重要的组成成分。它既为物种多样性的生存与发展提供必要的生境，而且也使残存生态系统包括自然保护区的有效保护成为可能（NRC, 1989）。此外，从环境的保护功能来说，自然森林往往比单一的人工林具有更大的优越性（Konta等, 1992）。因而，退化生态系统生物多样性的修复，尤其是热带雨林，已是保护生物学的一个热点领域。

## 退化生态系统的主要类型

退化是相对于原来的生态系统而言的。在全球生态环境迅速变化如“温室效应”的作用下，即使停止了人类活动的干扰，地球上各种生态系统的结构与功能也无不发生变化。所以，一般而言，地球上没有不退化的生态系统。而这里所说的退化生态系统是一个相对的概念，即在一定的时空里，它们的结构与功能已发生了较大的变化：物种多样性已经或正在降解，生物生产力已经或正在下降，而其生态功能已经或正在消失。

在滇南以及邻近的老挝、越南、缅甸和泰国等热带地区，那里的热带森林生态系统包括热带雨林、热带季雨林和热带稀树灌草丛等。与世界其他热带地区一样，正处在严重的退化状态。根据有关资料和我们的调查，这些地区的热带雨林有如下的主要退化类型。

各种人工（半人工）生态系统 人类从农耕开始就开发森林，发展农业，生产他们生活所需的各种物质，形成了各种人工（半人工）生态系统。由于近代人口的膨胀和商品经济的迅速发展，这类生态系统正在迅速代替各类热带雨林生态系统，这包括农田、刀耕火种地、热带作物种植园（橡胶、茶叶、甘蔗和果园等），以及利用森林林窗和林下空间发展茶叶、药材（砂仁）和省藤等的生产。

各种次生森林生态系统 热带雨林经皆伐，反复垦殖、火烧、过度放牧、水土流失以及地方性气候变化，在被抛荒以后，由于正向演替受阻，较长时间稳定在某些生活力强、耐火烧、耐瘠薄土壤的植物占优势的次生演替的某一阶段，甚而形成大面积受人类活动所控制的“顶极群落”（Artificial Climax），如在澜沧江—湄公河流域的湿润山地，热带雨林退化成为以牡竹（*Sinocalamus strictus*）为单优势的竹林，以小果芭蕉（*Musa acuminata*）和树头芭蕉（*M. wilsonii*）等为优势的野芭蕉群落；在半干旱的横断山干热河谷地区，则由季雨林和稀树灌草丛退化成为以仙人掌（*Opuntia monacantha*）和霸王鞭（*Euphorbia royleana*）各为优势的肉质刺灌丛（许再富等，1985）。

片断化的热带雨林 在热带地区，由于森林的大面积消失，已使原来连片的热带雨林变为破碎的、片断的（Fragmental）生态系统。这些片断森林，有的成块状，有的沿沟谿成走廊状，而有的残存在山顶。就是一些热带雨林自然保护区也成为被农田、村镇和一些退化生态系统所包围的“绿岛”。这些片断化的森林，由于“隔离效应”（Isolated effect）而使它们之间的物种的迁移和种群间的基因流动受阻，它们的“边

缘效应”（Fringe effect）加强和林内的小气候条件正由“凉湿效应”（Wet-cool effect），向“干暖效应”（Dry-warm effect）转化（许再富等，1994）。随着时间推移，片断化热带雨林的结构和功能将迅速变化，它们也是一类退化生态系统。

## 退化生态系统的主要特征

人类活动的干扰和环境的变化是生态系统退化的主要原因。比较地区的较原始的森林植被，热带雨林退化生态系统具有一些主要的特征。

*群落的低矮和层次减少*　以滇南的热带雨林生态系统而言，群落的高度一般为 30～40 m，而以望天树（*Shorca wangtiangshuea*）为优势的群落则可高达 70～80 m。它们一般可分为 5～6 个层次，仅乔木就有 3～4 个层次。在退化生态系统中，群落一般较低矮和群落层次减少，这是由于乔木树种被砍伐或它们自然死亡后难以更新的缘故。如热带雨林退化成以飞机草（*Chromoloena odorata＝Eupatorium odoratum*）为优势的群落时，群落高度仅 1.8～5.0 m 高，群落仅可分为 2～3 层，如表 1（吴邦兴，1982）。

**表 1　飞机草群落及其发展**

Table 1　The community of *Chromoloena odorata* and its development

| | 初期（<1 年） | 盛期（1～2 年） | 末期（>2 年） |
|---|---|---|---|
| 高　度（m） | 1.8～2.0 | 2.0～2.8 | 2.8～5.0 |
| 层　次 | 2 | 2 | 3 |
| 物种数[5×(3×4m)] | 14 | 16 | 27 |

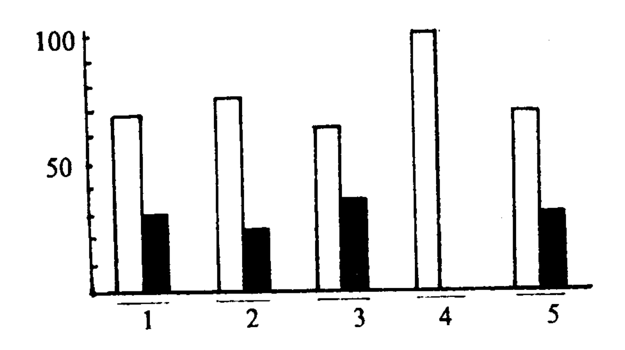



图 1　开发前后鸟类区系成分的比较

■ 开发后种数　　□ 开发前种数

1.东洋界种；2.滇南山地亚区特有种；3.滇南山地亚区和西南山地亚区共有种；

4.滇南山地亚区和海南岛亚区共有种；5.广布种

Fig. 1　A comparison of the present and the past composition of the Avifauna

1. Species of Oriental birds;　2. Specific species of southern hilly subregion of Yunnan;

3. Common species of southern hilly subregions of yunnan and south-western mountain

4. Common species of southern hilly subregion of Yunnan and Hainanisland subregion;

5. Widely distributed species

■ Species number after cultivation　　□ Species number before cultivation

物种多样性降低　从热带雨林变为人工生态系统，其群落中的植物物种绝大多数消失，如在橡胶园或茶园，除了栽培的作物成为单优势种外，其他的仅是一些杂草和一些乔灌木的幼苗或残留树桩的萌生苗。在刀耕火种的撩荒地则如表 1，形成以飞机草为优势的群落，虽然它们的物种随演替的发展而增加，但缺乏多样的生态位（Niches），而使种类都很少，且绝大多数是先锋树种和阳性的杂草，缺乏热带雨林的成分。据杨岚等（1985）对西双版纳 3 个点的调查，报道了自 60 年代初期至 80 年代初期，由于热带雨林被橡胶和茶树等经济作物种植园所代替，鸟类的种类和区系成分发生了很大的变化（图 1）。在哀牢山亚热带山地湿性常绿阔叶林，由人类干扰所形成的次生林和毛蕨（*Pteridium revolutum*）草地上，小兽类的种数分别比原生生态系统减少 62.5%和 68.0%，种群数则减少 82.3%和 79.2%（吴德林等，1993)。对滇南片断化热带雨林的 30 年前后的调查，物种的消失在乔木层中是 A＜B＜C，侵入群落的主要是先锋树种和随宜种（许再富等，1994)。在热带雨林中，由于种植了砂仁（*Amomum villosum*）而造成了热带雨林退化的群落中，也出现了乔木种类减少 36.7%，植株减少 52.8%的状况（殷寿华，1993)。

生态环境的退化　热带雨林与其生态环境的退化是互为因果的。汪汇海等（1982）的研究表明，热带雨林的各种退化生态系统的水土流失十分严重（表 2)。热带雨林林内的温度都显著低于林外，而相对湿度则显著地高于林外而形成"湿凉效应"，这既有利于热带雨林植物的更新，也有力地阻止了先锋成分或非雨林成分的入侵，保持了生态系统的稳定性。而当热带雨林片断化以后，上述湿度和温度的林内和林外的差别就逐步缩小，出现了"干暖效应"，既影响了热带雨林成分的更新，也为外来植物的入侵创造了条件，使群落处于不稳定的状态（许再富等，1994)。

**表 2 热带雨林与各类退化生态系统的水土流失比较(1965～1966)**

Table 2 Comparison of water loss and soil erosion between tropical rainforest and its degraded ecosystems

| 类　型 | 经流量 (mm / a) | 为雨林倍数 | 冲刷量 kg.hm$^{-2}$.a$^{-1}$ | 为雨林倍数 |
|---|---|---|---|---|
| 热带雨林 | 6.57 | 1 | 62.55 | 1 |
| 橡胶+茶树 | 13.75 | 2 | 2091.15 | 33 |
| 单橡胶林 | 19.56 | 3 | 2690.10 | 43 |
| 自然荒地 | 19.23 | 3 | 2576.70 | 41 |
| 坡地旱稻 | 226.31 | 35 | 48682.35 | 778 |

## 退化生态系统的修复

热带雨林退化生态系统的修复涉及很多复杂的生态学问题，如热带雨林生态系统的稳定性，物种及其种群的生态适应性，生态系统退化的程度和环境的改善等。

热带雨林的稳定性问题　所谓稳定性是指当一个生态系统经过扰动后，所有考察的对象能回到扰动以前的状态，也就是说，它必须具有弹性，抗性、持久性和变异性等，而且它与物种多样性和环境变化的幅度有密切的关系（黄建辉，1994)。滇南热带雨林是处在水平和垂直方向的由热带向亚热带的过渡带上，各种生态系统的群落在分布上出现复杂的交错（Ecotone)。在这些群落交错区中，热带和亚热带森林植被的群落，并排出现在同一总体气候条件下，处于剧烈竞争的状态。在这两类植被的各种群落类型中，哪一种类型获得立足之地，主要取决于局部地形所形成的小气候条件和土壤质地，结果就出现了这两类植被群落的散乱混杂或镶嵌状的组合。近代人类的严重干扰与环境急剧变化已改变了群落类型间的竞争力，而进一步影响其分布格局，使其难以回到扰动以前的状态。所以，处于过渡带上的滇南热带雨林是处在不稳定的状态。如在保护得最好的勐腊热带雨林保护区内的望天树群落，在 3000 m$^2$ 的样方内，非雨林的成分已侵入了 13 种，占该样方内 127 种高等植物的 10%。在第Ⅰ～Ⅳ层中的 51 种乔木里，具连续型种群

(Continued population) 的种类仅 9 种，占 18%，而其他 42 种均为间歇型的种群 (Intermittent population) 占 82%，而且没有更新苗的乔木有 21 种，占乔木种类的 40% (许再富，1988)，处于不稳定的状态。

退化热带雨林生态系统的恢复性　这与上述所讨论的稳定性密切相关。在历史上，由于环境变化幅度小，滇南热带雨林由于某些自然因素如电击引起的火灾或其它旱涝、风等所产生的小片消失，或在生态系统中的个别大树的倒落、死亡所造成的林窗，甚而由于当地居民实践刀耕火种产生的撩荒地等，这些原因所产生的仅是浩瀚林海中的大大小小林窗 (Gap) 而已，它们都能通过正常的次生演替，恢复扰动前的“顶极群落” (Climax)，因而具有可恢复性。然而，在近代，人类的干扰与环境变化已使退化的热带雨林正常演替受阻，它们很多较长期地稳定在一些生活力强，耐火烧，耐瘠薄土壤的植物，如茅草 (*Imperata cylindrica*)、牡竹和野芭蕉等潜关键种 (Potential keystone species) 占优势的受人类活动所控制的“人为顶极群落” (许再富，1995)。

退化热带雨林生态系统的恢复过程　所有森林都存在着一个由干扰引起的周期性循环：林窗阶段 (Gap phase—GP) —建群阶段 (Building phase—BP) —成熟阶段 (Mature phase—MP)，而使森林成为各个结构阶段的空间镶嵌体 (Whitmore, 1989)。森林的这个循环周期也可以把它当作退化热带雨林生态系统的恢复过程。在热带地区，如不停止人类的干扰，即“封山育林”，退化了的热带雨林生态系统是不可能完成“GP—BP—MP”的循环过程的。同时，即使停止了人类的干扰，由于环境已发生了很大变化和退化生态系统中绝大部分的植物均是非热带雨林的成分，“封山育林”也需要几十年，甚至上百年才能使其完成“GP—BP—MP”的过程。所以为了缩短这个循环过程，必须在“封山育林”的基础上，首先采取必要的人为措施，即逐步清除或控制 GP 和 BP 阶段的非热带雨林成分，既使它们让出空间又能为热带雨林成分的发展创造前期的生境。其次是根据计划中所要恢复的热带雨林的群落类型，补充、营造必要的群落建群种 (Constructive species) 或生态系统中的关键种 (Keystone species)，并具有适当的种群数，这是因为它们在群落恢复过程中具有更深远的生态学意义。随后是补充、营造群落中其他层次的乔木种类，也应有适当的种群数，以提高群落结构的合理性。这样便可能加快热带雨林群落的恢复进程。而对于受一定干扰的热带雨林和处于“岛屿”状的片断热带雨林，也可以采取相似的措施，对一些间歇型的种群类型或无更新苗的种类实行“再引种” (Reintroduction) 而增强其稳定性。此外，由于热带雨林的恢复与地方的生态环境条件的改善有密切的关系，所以还必须注意改变地区的土地利用方式，如采用具有良好经济和生态效益的混农林 (Agroforestry) 的方式去利用土地，逐步代替单一种植 (Monoculture) 和纯林的营造等 (Xu, 1993)，以有利于退化热带雨林生态系统的恢复进程和减缓片断热带雨林的边缘效应。

退化生态系统恢复的对策　热带雨林分布的地区主要是发展中国家或地区，这些地方的贫困造成生态系统的退化，反过来，又限制了地区社会经济的发展，造成了恶性循环。所以，必须按照 1980 年 IUCN 在《世界自然保护大纲》所提出的原则，即把热带雨林退化生态系统的恢复与地方经济的发展密切结合起来 (IUCN—UNEP—WWF,1980)。在热带国家或地区，那里居住着各种土著民族，他们在历史发展的过程中与森林和植物建立起了相互作用，相互影响的密切关系，形成了独特的森林—植物文化。这些文化知识对生物多样性的保护及其持续发展具有重要的意义 (许再富等，1995)。这正如 1992 年各国签署的《联合国生物多样性公约》所指出的：“依照国家立法，尊重、保存和维护土著和地方社区体现传统生活方式与生物多样性的保护和持久利用相关的知识，创新和做法，并促进其广泛应用”。此外，由于热带国家或地区，除了贫困外，科学技术水平也十分落后，对于热带雨林退化生态系统的恢复还必须进行社区参与性的示范和培训，把现代生态学的知识与土著民族的传统知识密切结合起来，通过热带雨林退化生态系统的恢复，促进社会与生物多样性及民族文化多样性的协调发展。

## 参 考 文 献

许再富，1988.云南热带植物种质资源的保护与利用.云南植物研究，增刊I：113～124

许再富，1995.生态系统中关键种类型及其管理对策.云南植物研究，**17**（3）：331～335

许再富，刘宏茂，1995.西双版纳傣族传统植物知识体系与植物多样性持续发展的关系.见：生物多样性研究进展.北京：中国科学技术出版社，88～92

许再富，朱华，刘宏茂等，1994.滇南片断热带雨林植物物种多样性变化趋势.植物资源与环境，**3**（2）：9～15

许再富，陶国达，禹平华等，1985.元江干热河谷山地五百年来植被变迁探讨.云南植物研究，**7**（4）：403～412

汪汇海，马渭俊，邓纯章等，1982.滇南热带雨林的开发利用与水土保持的相互关系.林业科学，**18**（3）：245～257

吴邦兴，1982.滇南飞机草群落的初步研究.云南植物研究，**4**（2）：177～184

吴德林，罗成昌，1993.人类活动对云南哀牢山小型兽类群落的影响.动物学研究，**4**(1)：35～41

杨岚，潘汝亮，王淑珍，1985.西双版纳茶林及橡胶林区鸟类调查.动物学研究，**6**（4）：353～360

殷寿华，1993.经济植物引进对热带森林植物多样性的影响.见：《云南生物多样性学术讨论会论文集》.昆明：云南科技出版社，180～188

黄建辉，1994.生态系统内的物种多样性对稳定性的影响.见：《生物多样性研究的原理与方法》.北京：中国科学技术出版社，178～191

IUCN—UNEP—WWF, 1980. World Conservation Strategy, IUCN, Gland, Swtzetland.

Konta F, Sadamoto W, Yoshiteru T, 1992. The Restoration of the Natrural Forest. Bunichi Sogo Shuppan Co, Ltd. 253

National Research Council, 1989. Committee on reseaech opportunities. in: Biology Board on Biology Commision on Life Sciences National Research Council. Wathington D.C.: National Academy Press.

Whitmore T C 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, **70**(3): 536～538

Wilson E O, 1988. The current state of biological diversity, in: E.O.Wilson et at. (eds.), Biodiversity. Washington, D.C.: National Academy Press.

Xu Zaifu, 1993. Agroforestry: a new strategy for development of tropical mountains, in: Improving Degraded lands: Promising Experiences from South China. Honolulu, Hawaii: Bishop Museum Press, 129～138